

SFC – Projekt

56. Demonstrace učení sítě RCE – jazyk C/C++

1. Restricted Coulomb Energy

Síť Restricted Coulomb Energy (RCE) je neuronová síť s proměnnou topologií, která obsahuje dvě vrstvy:

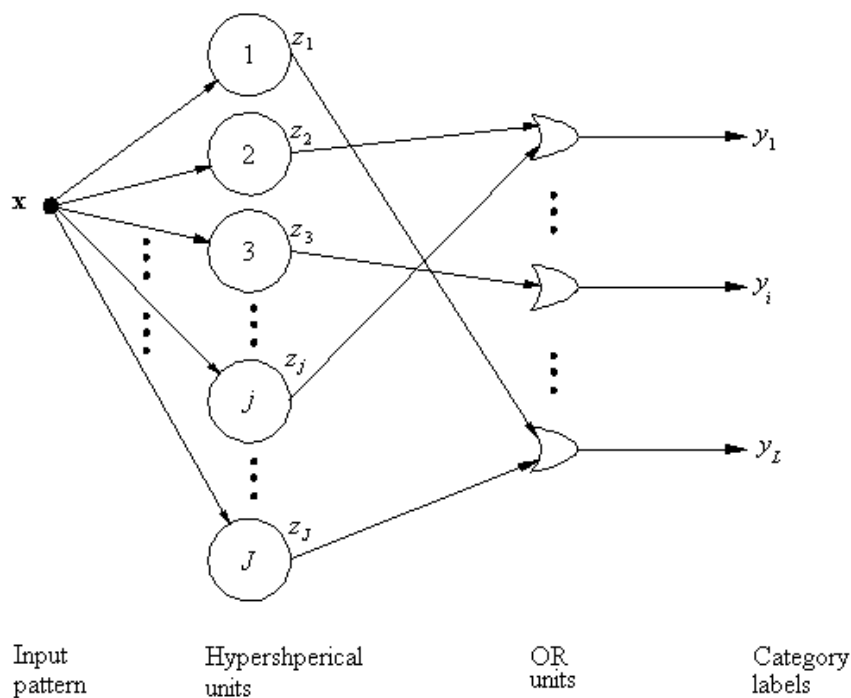
- Skrytá vrstva je propojena se všemi vstupními vektory a tvoří ji vektory s radiální bázovou funkcí u_k a se skokovou aktivační funkcí y_k

$$u_k = \sqrt{\sum_{i=1}^n (i_i - w_{ki})^2}$$

$$y_k = \begin{cases} 1 & \text{pro } u_k \leq r_k \\ 0 & \text{pro } u_k > r_k \end{cases}$$

w_k označuje střed hyperkoule k a r_k poloměr dané hyperkoule

- Výstupní vrstva je složená z neuronů, které jsou propojené s některými neurony skryté vrstvy. Zastávají funkci logického OR.



Ilustrace 1: Architektura sítě RCE [1]

Síť RCE je schopna oddělit nelineárně separovatelné shluky, má však problémy s částečně se překrývajícími úseky shluků, u kterých má tendenci vytvářet mnoho skrytých neuronů (jejich počet se blíží počtu trénovacích vektorů).

2. Postup učení sítě RCE

Algoritmus učení je založen na algoritmu z přednášek předmětu [2]:

Vstup: Trénovací množina n -rozměrných vektorů

Výstup: Síť RCE s množinami skrytých a výstupních neuronů

Postup:

```
while(modif)
    modif = false;
    pro každý vektor  $v$  ze vstupu
        hit = true;
        pro každý neuron  $n$  ze skryté vrstvy
            spočítej  $u_k$ 
            je-li  $u_k$  menší než poloměr hyperkoule neuronu  $n$ 
                pokud odpovídá třída vstupního vektoru třídě hyperkoule
                    hit = true
            jinak zmenši poloměr hyperkoule neuronu  $n$  na hodnotu  $u_k$ 
        if (!hit)
            Vytvoř nový neuron skryté vrstvy se středem daným vektorem  $v$  a maximálním
            povoleným poloměrem  $r_{max}$ 
            modif true
            Pokud pro danou třídu vektoru  $v$  již existuje výstupní neuron
                Propoj nový skrytý neuron s výstupním neuronem dané třídy
            Jinak vytvoř nový výstupní neuron pro třídu vektoru  $v$  a propoj ho s novým
            skrytým neuronem
```

Trénovací vektory z trénovací množiny vybíráme sekvenčně a učíme síť dokud dochází ke změnám (proměnná modif). Výsledná síť je také vysoce závislá na volbě parametru r_{max} .

Výhodou učení sítě RCE je to, že je jednoduché naučit již existující síť na nové vzorky dat aniž by se musela celá síť přepočítávat.

3. Aplikace

Výsledná aplikace je napsána v jazyce C++, ovládá se pomocí příkazové řádky a veškeré výpočty vypisuje na standartní výstup (je tedy bez grafického uživatelského rozhraní), je však možné pro dvourozměrné vstupní vektory naučenou síť promítnout do dvourozměrného prostoru pomocí online aplikace WolframAlpha [3].

Aplikace s názvem *xkubat11* má jeden povinný argument a to argument *-f* se jménem souboru s trénovacími vektory ve formátu:

```
a1 a2 a3 ... an cls1
b1 b2 b3 ... an cls2
c1 c2 c3 ... an cls3
⋮
```

Kde poslední sloupec odpovídá třídám daných vektorů (přirozené číslo) a oddělovačem jednotlivých sloupců je mezera.

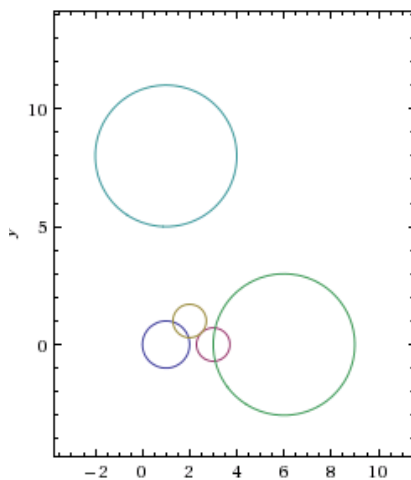
Aplikace načte vstupní vektory, vytvoří síť RCE a vypíše na standartní vstup neurony skryté sítě. Zároveň je také možné po naučení sítě nechat síť klasifikovat vektory ve stejném formátu, jako u vstupních vektorů (samozřejmě bez třídy).

Nepovinné argumenty je možné vypsát pomocí argumentu *-h*.

Aplikaci je možné přeložit pro vlastní stroj pomocí příkazu *make*.

```
1 0 1
2 0 1
3 0 2
2 1 1
6 0 2
7 0 2
1 8 3
2 8 3
Hidden neuron count: 5
Resulting hidden neurons:
Centre: (1, 0), class: 1, radius: 1
Centre: (3, 0), class: 2, radius: 0.707107
Centre: (2, 1), class: 1, radius: 0.707107
Centre: (6, 0), class: 2, radius: 3
Centre: (1, 8), class: 3, radius: 3
```

Ilustrace 2: Vstup a výstup aplikace



Ilustrace 3: Výstup zobrazený pomocí WolframAlpha [3]

Zdroje

[1] HASSOUN, Mohamad H. Unit-Allocating Adaptive Networks. In: *Fundamentals of artificial neural networks [online]*. Cambridge, Mass.: MIT Press, c1995, xxvi, 511 p. ISBN 026208239x.

Dostupné z http://neuron.eng.wayne.edu/tarek/MITbook/chap6/6_3.html#6.3

[2] Neuronové sítě RBF A RCE. Topologicky organizované neuronové sítě, soutěživé učení, Kohenovy neuronové sítě/mapy. *[online]*

Dostupné z https://www.fit.vutbr.cz/study/courses/SFC/private/15sfc_3.pdf

[3] *WolframAlpha* [online]. Dostupné z: <http://www.wolframalpha.com/>